

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-169099

(43)Date of publication of application : 17.06.2004

(51)Int.Cl.

C21D 7/00

(21)Application number : 2002-335624

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 19.11.2002

(72)Inventor : TOMINAGA NORIYOSHI

HONMA KOJI

ISHIKAWA TADASHI

HIGO YAKICHI

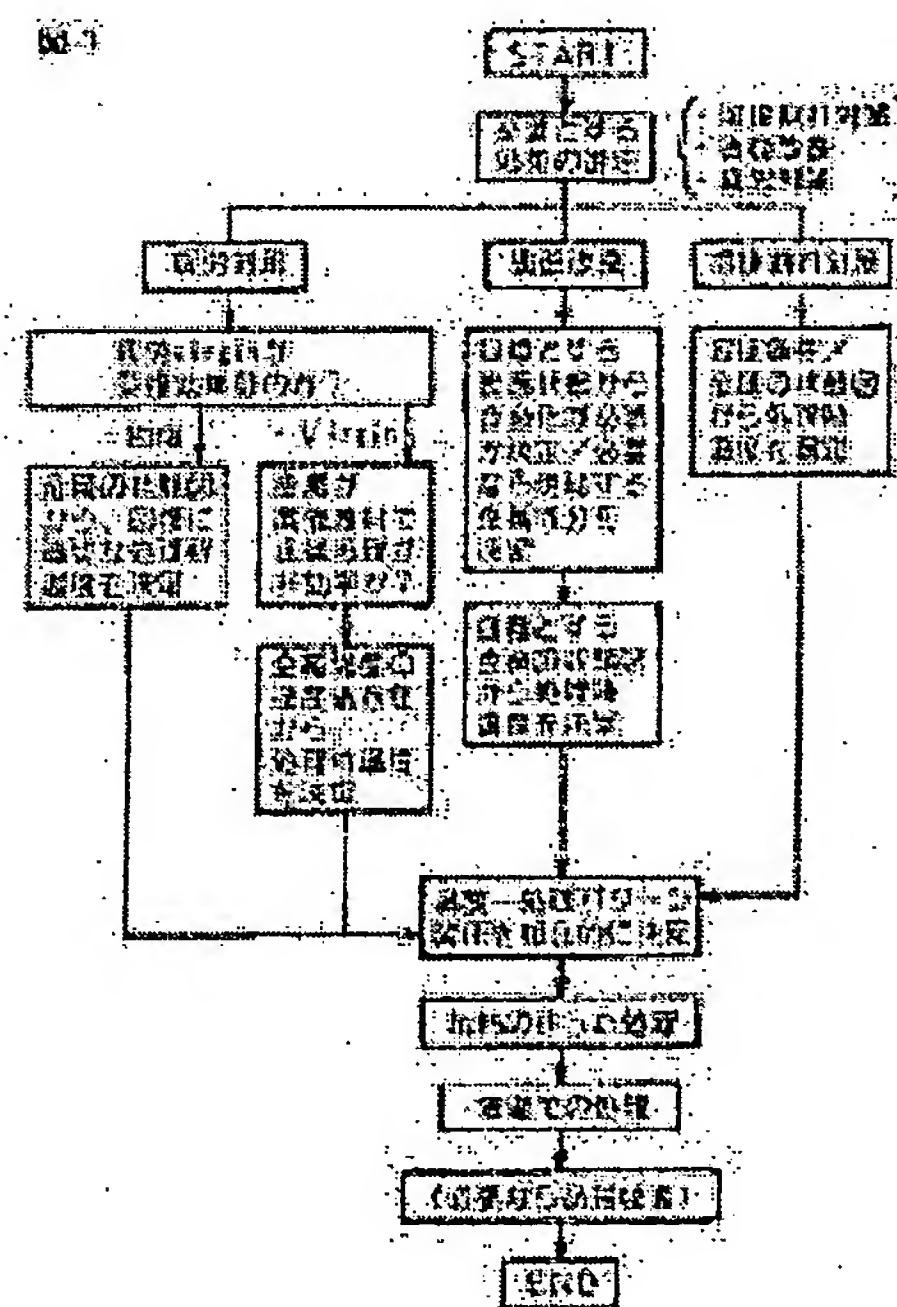
TAKASHIMA KAZUKI

(54) METHOD FOR SETTING ULTRASONIC IMPACT TREATMENT CONDITION OF METALLIC MATERIAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for setting an ultrasonic impact treatment condition by which a treatment condition, particularly, treating temperature range is determined in accordance with arget reforming degree of the objective metallic material when the ultrasonic impact treatment is applied to the surface layer part of the metallic material.

SOLUTION: In this method for setting the ultrasonic impact treatment condition of the metallic material, with respect to the metallic material to be treated, either one or more effects of the improvement of fatigue strength, that of surface or that of welded crack are selected as a necessary effect of the ultrasonic impact treatment, then ultrasonic impact treatment condition temperatures are determined in accordance with respective effects, thereafter the ultrasonic impact treatment condition is set to finally determine an effective combination of these treatments.



A

図 1

```
graph TD
    START([START]) --> Selection[必要とする効果の選定]
    Selection --> Fatigue[疲労対策]
    Selection --> Surface[表面改良]
    Selection --> Weld[Weld割れ対策]
    
    Selection --- EffectsList[・溶接割れ対策  
・表面改良  
・疲労対策]
    
    Fatigue --> VirginQ[疲労・virginが回復効果目的か?]
    VirginQ -- 回復 --> MetalFatigue[金属の状態図から、回復に適切な処理時温度を決定]
    VirginQ -- Virgin --> HighStrength[金属が高強度材で止端処理が非効率か?]
    HighStrength --> MetalStrength[金属強度の温度依存性から、処理時温度を決定]
    
    Surface --> SurfaceQ1[目標とする表面状態から含合金が必要か決定/必要なら供給する金属成分を決定]
    SurfaceQ1 --> SurfaceQ2[目標とする合金の状態図から処理時温度を決定]
    
    Weld --> WeldQ[溶接条件/金属の状態図から処理時温度を決定]
    
    MetalFatigue --> TempPattern[温度-処理パターン関係を総合的に決定]
    MetalStrength --> TempPattern
    SurfaceQ2 --> TempPattern
    WeldQ --> TempPattern
    
    TempPattern --> Heating[加熱の伴った処理]
    Heating --> RoomTemp[常温での処理]
    RoomTemp --> Inspection[必要なら品質検査]
    Inspection --> END([END])
```

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

処理対象とする金属材料において、必要とする超音波衝撃処理による効果として、疲労強度改善、表面改質、溶接割れ改善の何れか、または複数の効果を選択し、次いで、前記それぞれの効果ごとに応じて超音波衝撃処理温度を決定後、超音波衝撃処理の条件設定を行い、最終的にそれらの処理の効率的な組み合わせを決定することを特徴とする金属材料の超音波衝撃処理条件の設定方法。

【請求項 2】

前記超音波衝撃処理が新設加工物の疲労強度改善を目的とする場合には、該新設加工物の金属強度から溶接止端処理が非効率であるかを判断し、非効率な場合は金属強度の温度依存性から処理温度を決定し、溶接終了後の温度低下過程で決定された温度時点で超音波衝撃処理を行って止端形状を改善し、さらに圧縮残留応力を付与したい場合は常温で再度、圧縮残留応力を導入するのに効率的な条件で超音波衝撃処理を行うことを特徴とする請求項 1 記載の金属材料の超音波衝撃処理条件の設定方法。

【請求項 3】

前記超音波衝撃処理が既設加工物の疲労強度改善を目的とする場合には、該既設加工物の金属強度から溶接止端処理が非効率であるかを判断し、非効率な場合は前記金属強度の温度依存性から超音波衝撃処理温度を決定後、決定された温度まで加熱した上で超音波衝撃処理を行って止端形状を改善し、さらに圧縮残留応力を付与したい場合は常温で再度、圧縮残留応力を導入するのに必要な条件で超音波衝撃処理を行うことを特徴とする請求項 1 記載の金属材料の超音波衝撃処理条件の設定方法。

【請求項 4】

前記超音波衝撃処理が既設加工物の疲労蓄積回復を目的とする場合には、該既設加工物の金属材料の状態図から繰り返し応力により蓄積された転移の回復に適切な処理温度を決定後、処理温度－処理パターン関係から超音波衝撃処理条件を決定し、加熱下または常温下での処理を判断して超音波衝撃処理を行うことを特徴とする請求項 1 記載の金属材料の超音波衝撃加工条件の設定方法。

【請求項 5】

前記超音波衝撃処理が表面改質を目的とする場合には、処理対象とする金属材料の表面状態から合金化が必要か、必要であれば供給すべき合金成分を決定し、次いで、当該合金の状態図から処理温度を決定後、処理温度－処理パターン関係から超音波衝撃加工条件を決定し、加熱下または常温下での加工の組み合わせを決定して超音波衝撃処理を行うことを特徴とする請求項 1 記載の金属材料の超音波衝撃処理条件の設定方法。

【請求項 6】

前記超音波衝撃処理が溶接割れ改善を目的とする場合には、対象金属材料に対する溶接条件および対象金属材料の状態図から処理温度を選定後、処理温度－処理パター

2

ン関係から超音波衝撃処理条件を決定し、溶接後の温度低下状況と常温下での超音波衝撃処理の組み合わせを判断して超音波衝撃処理を行うことを特徴とする請求項 1 記載の金属材料の超音波衝撃加工条件の設定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、金属材料表面層部を超音波衝撃処理するに際し、対象となる金属材料の目標とする改質程度に従って処理条件、特に処理温度域とその組み合わせを決定する超音波衝撃処理条件の設定方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

金属製品の耐久性は、しばしば疲労と腐食によって規定される。これらの改善のためには、様々な手法が取られてきた。

【0003】

疲労の改善のためには、グラインディング、各種ピーニングにより止端形状を改善して応力集中を減少させたり、また圧縮残留応力を付与することが行われてきた。また、腐食については、塗装などの塗膜によるもの、ステンレスなど不導体皮膜を活用したもの、耐候性鋼のように保護性錆を作って腐食量を小さく抑えるものなどが実用になっている。

【0004】

このように、金属製品の耐久性を向上させるには、製作後の後処理によるものと、材料そのものを改善する方法の大きく分けて二つの手法があるのが現状であるといえる。

【0005】

このうち、材料の改善という面においては、最近において、非特許文献 1 により、金属材料の表面層の結晶組織をナノメータ (nm, 10^{-9} m) を単位として適当なサイズ、例えば、100 nm 以下に微細化した、所謂ナノ結晶組織を得ることにより、従来には得られなかった優れた性質、例えば、超高強度等の特性を得られることが知られている。

【0006】

このナノ結晶組織を有する金属材料を得るには、金属材料を一旦アモルファス状態とし、次いで低温熱処理を行う方法である。また、アモルファス状態とするには、金属材料を高速急冷或いはスパッタ製膜等の方法があるが、この場合、広く一般の形状の成形体や構造体を得るには様々な製造上の制約がある。また、この他に、金属材料の粉末をボールミル等で処理し、金属材料表面に強加工を施すことによりこの金属材料をアモルファス化し、次いでこれを熱処理することにより、ナノ結晶構造を有する金属粉末を得ることができる。この金属粉末を高温で加圧成形し、或いは更に溶接等の処理を行って構造体とすることができる。

ところが、上記高温の熱処理過程を経ることによってナノ結晶組織構造が成長して消失するために、このナノ結晶組織の特性を生かした成形体や構造体を得ることは困難とされている。

【0007】

一方、前記耐久性の向上方法のうち後処理に属する技術では、金属材料の表面に超音波衝撃処理を施すことにより表面に塑性変形を与え、或いは残留応力を開放することが知られており、例えば、金属材料の溶接部に超音波衝撃処理を施し、溶接部の残留応力を開放し、ボイドや異常粒界のような微小欠陥を低減する方法、疲労性能を向上させる方法、例えば、非特許文献3、特許文献1、特許文献2および特許文献3で提案されている。また、上記超音波衝撃処理を行うための機器として、超音波を発生させるトランスデューサー、超音波を先端に導くためのウエーブガイド、その先端に設けられ超音波により振動する衝撃用ピンを収納するヘッドを備えた超音波衝撃処理機が特許文献4で知られている。しかし、この方法では同時に非特許文献1、非特許文献2、に見られるように、表面結晶組織を改善することも知られている。つまり、この技術は後処理であると同時に材料の改善という特性を持っていると言える。

【0008】

しかしながら、従来の超音波衝撃処理は、疲労強度の向上、微小欠陥の軽減などが主体であり、金属材料表面の材料特性、表面改質が改善されとしてもそれは副産物的に、その範囲、程度などはかなりばらつきが多い状況で生じており、目的に合わせて主体的にコントロールして改善するまでには至っていない。

【0009】

上記の様々な超音波を利用しての効果の研究は、それぞれの効果に対して独立に、個別になされており、殆ど同じような機材を用いて処理を行っているのにもかかわらず、それらの処理のための必要条件や効果を統一的な設計概念で扱って、処理対象の金属加工物にとって必要な効果を適切に、選択的に得ることはできていなかった。特に条件の中でも温度に関しては、「溶接中」というおおよっぱな高温状態と、常温の2種類しか検討がなく、それがこの超音波衝撃処理の可能性を狭めていた状況であるといえる。

【0010】

その結果、現在の金属製品の疲労や腐食に関する状況は以下のような課題を抱えているといえる。

1) 金属材料を溶接した場合、鋼材で作り込んだ特性が溶接部で損なわれることが多く、そのような場合には溶接部を塗装などの手段で補完している。

2) 溶接凝固時に超音波を使用して残留応力を低減させる場合、疲労強度向上効果が限定的であり、しかも止端形状の改善効果は見られない。

3) 超音波衝撃処理で疲労強度向上効果はあるも、高強

度鋼の方が残留応力改善効果の面では有利であるに係わらず、止端形状の改善効果に関しては高強度鋼の方が塑性変形しにくく、処理効率が低下すること、また深さ方向の処理層厚の影響度が低下する傾向にある。

4) 航空機等では疲労の発生する部分を炉に挿入し、加熱して集積した転移を回復する技術が実施されているが、橋梁等の大型構造物ではそのような技術の適用が非現実的である。

【0011】

このように、大気中で構造物のサイズ、希望する疲労強度、高強度の部位に係わらず、対象となる金属材料の改質目標と処理温度域を含めた処理条件との組み合わせについては何ら解明されていないのが現状である。

【0012】

【非特許文献1】

Journal of Material Science Technology. Vol. 15, No. 3, 1999

【非特許文献2】

Institute of Solid-State Physics, Academy of Science of the USSR. No. 7, pp. 14-16, July, 1988

【非特許文献3】

日本機械学会論文集(C編) 67巻 657号 (2001-5)

【特許文献1】

特開平9-234585号公報

【特許文献2】

30 特開平10-296461号公報

【特許文献3】

米国特許第6338765号公報

【特許文献4】

米国特許出願公開第2002/001400号明細書

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、金属材料表面部を超音波衝撃処理するに際し、対象となる金属材料の目標とする改質程度に従って処理温度域を含めた処理条件を決定する超音波衝撃処理条件の設定方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、その要旨は以下の通りである。

【0015】

(1) 処理対象とする金属材料において、必要とする超音波衝撃処理による効果として、疲労強度改善、表面改質、溶接割れ改善の何れか、または複数の効果を選択し、次いで、前記それぞれの効果ごとに応じて超音波衝撃処理温度を決定後、超音波衝撃処理の条件設定を行い、

最終的にそれらの処理の効率的な組み合わせを決定することを特徴とする金属材料の超音波衝撃処理条件の設定方法。

【0016】

(2) 前記超音波衝撃処理が新設加工物の疲労強度改善を目的とする場合には、該新設加工物の金属強度から溶接止端処理が非効率であるかを判断し、非効率な場合は金属強度の温度依存性から処理温度を決定し、溶接終了後の温度低下過程で決定された温度時点で超音波衝撃処理を行って止端形状を改善し、さらに圧縮残留応力を付与したい場合は常温で再度、圧縮残留応力を導入するの10に効率的な条件で超音波衝撃処理を行うことを特徴とする(1)記載の金属材料の超音波衝撃処理条件の設定方法。

【0017】

(3) 前記超音波衝撃処理が既設加工物の疲労強度改善を目的とする場合には、該既設加工物の金属強度から溶接止端処理が非効率であるかを判断し、非効率な場合は前記金属強度の温度依存性から超音波衝撃処理温度を決定後、決定された温度まで加熱した上で超音波衝撃処理20を行って止端形状を改善し、さらに圧縮残留応力を付与したい場合は常温で再度、圧縮残留応力を導入するのに必要な条件で超音波衝撃処理を行うことを特徴とする(1)記載の金属材料の超音波衝撃処理条件の設定方法。

【0018】

(4) 前記超音波衝撃処理が既設加工物の疲労蓄積回復を目的とする場合には、該既設加工物の金属材料の状態図から繰返し応力により蓄積された転移の回復に適切な処理温度を決定後、処理温度—処理パターン関係から超音波衝撃処理条件を決定し、加熱下または常温下での30処理を判断して超音波衝撃処理を行うことを特徴とする(1)記載の金属材料の超音波衝撃加工条件の設定方法。

【0019】

(5) 前記超音波衝撃処理が表面改質を目的とする場合には、処理対象とする金属材料の表面状態から合金化が必要か、必要であれば供給すべき合金成分を決定し、次いで、当該合金の状態図から処理温度を決定後、処理温度—処理パターン関係から超音波衝撃加工条件を決定し、加熱下または常温下での加工の組み合わせを決定して40超音波衝撃処理を行うことを特徴とする(1)記載の金属材料の超音波衝撃処理条件の設定方法。

【0020】

(6) 前記超音波衝撃処理が溶接割れ改善を目的とする場合には、対象金属材料に対する溶接条件および対象金属材料の状態図から処理温度を選定後、処理温度—処理パターン関係から超音波衝撃処理条件を決定し、溶接後の温度低下状況と常温下での超音波衝撃処理の組み合わせを判断して超音波衝撃処理を行うことを特徴とする(1)記載の金属材料の超音波衝撃加工条件の設定方法。50

【0021】

【発明の実施の形態・実施例】

先ず、本発明における超音波衝撃処理について説明する。

【0022】

この超音波衝撃処理は、下記(a)～(d)を可能にすると共に、広範囲の面積を効率的に処理できるようにしたものである。

(a) 超音波衝撃処理を多軸的に施すことによってナノ結晶化を促進する、即ち、一軸方向の処理ではナノ結晶構造を得ることは困難であり、多軸方向からの強処理が必要である。

(b) 金属材料表面の温度制御を可能とする構造とすることにより、超音波衝撃処理で得られる表層の諸特性を選択できるようにすること、即ち、高温での処理では変形は大きいが残留応力が小さく、逆に低温での処理では変形は小さいが残留応力が大きく付与され、依って、ナノ結晶化の度合い、ナノ結晶組織周辺の組織の状況が変化するので、要求される特性に応じて処理条件を選択することができる。

(c) 少なくとも処理表面の雰囲気制御可能な構造とし、酸化物層の形成を抑制し、良好な金属表面状態とすると共に、更には合金層の形成を可能とすること、即ち、処理表面の雰囲気が酸化雰囲気であると材料表面で生成した酸化物が表層部に巻き込まれ、表面欠陥となるばかりか、耐食性を損なうことになる。雰囲気制御を可能とすることにより、このような表面材質の低下を回避できるばかりでなく、雰囲気を、例えば窒素雰囲気という特定の雰囲気とすることによって表層に窒素を浸透させて特性の改善を図ることもできる。

(d) 処理対象となる金属材料に対して合金成分を供給可能な構造とし、表層に合金層を形成可能とすること、即ち、超音波衝撃処理と同時に処理すべき箇所に金属成分の粉末を供給する、即ち、ピン自体を特定の金属材料とすることによって衝撃を与えると同時に金属粉末或いはピンの小片を処理対象材料表面に供給し、表層を所望の合金層とすることができる。これにより、金属材料表面に新しい機能を付与することもできる。

【0023】

また、上記超音波衝撃処理は、一般的に微細化現象としては、金属材料表層部では処理厚みとして10～200μm、塑性変形／成形深さ方向範囲が1～5mm、圧縮残留応力を1～3mm程度まで導入するとすると云われている。本発明者らは、これらの現象が何れも処理温度と密接に関係していることを研究の結果知見した。すなわち、処理温度域で得られる現象および効果がそれぞれ異なることから目標とする金属材料の改質のレベルに合わせて処理条件を設定することが上記超音波衝撃処理で直接的に得られる効果を十分に発揮することができるのである。その処理温度域と得られる現象および効果を、

特に最も一般的に使われている金属材料の一つである鋼材について以下に述べる。

▲1▼ γ 再結晶領域 (約850℃以上)

金属材料表層部の微細化効果は少ないが、コア部では再結晶微細化による微細フェライト粒生成し高靱化し、また、塑性変形/成形面では凝固過程での流動化による残留引張応力が低減し疲労強度が向上する。

▲2▼ γ 未再結晶領域 (約780℃~850℃)

金属材料コア部では再結晶微細化による微細フェライト粒生成し高靱化し、また、塑性変形/成形面では、特に溶接金属凝固割れ、降温割れを防止できる。

▲3▼ $\alpha \cdot \gamma$ 2相域 (約650℃~780℃)

金属材料表層部の多軸処理により結晶粒を微細化 (ナノ化) し、同時にコア部では再結晶微細化による微細フェライト粒生成し高靱化することができる。また、塑性変形/成形面では、溶接止端部の効率的な成形が行えることで疲労強度を向上することができる。更に、高強度鋼を加工した場合には低温時の軟鋼並の塑性変形/成形を付与することができる。

▲4▼ A_1 点以下の温度域 (約400℃~650℃)

金属材料表層部の多軸処理により結晶粒を微細化 (ナノ化) し、同時に変態温度低下に伴う逆変態挙動を利用した組織の微細化を行うことができる。また、塑性変形/成形面では、溶接止端部の効率的な成形が行えることで疲労強度を向上することができる。更に、溶接面においては、溶接多パス時の残留応力、冷却割れに伴う圧縮残留応力を低減することができる。

▲5▼強度発現域 (400℃以下)

金属材料表層部の多軸処理により結晶粒を微細化 (ナノ化) し、同時に変態温度低下に伴う逆変態挙動を利用した組織の微細化を行うことができる。また、塑性変形することで疲労強度向上、圧縮残留応力低減を期待できる。

【0024】

このように、本発明においては、対象とする金属材料において、必要とする超音波衝撃処理による効果、例えば、疲労強度改善、表面改質、溶接割れ改善の各効果で処理温度を決定し、超音波衝撃処理の条件設定を行うことを特徴とするものである。もちろん、鋼材以外の金属材料でも同様に、成分組成から得られる状態図、温度-強度関係などを活用して、合理的に上記のような整理が容易に出来る。これらの基礎データは教科書レベルのものを含む文献で容易に収集可能なものであり、それを本発明の方法で活用し、様々な金属材料への展開が可能である。この具体的な条件設定の手順を図1を用いて説明する。

【0025】

図1において、超音波衝撃処理 (加工) を行う金属材料対象物を決定した後、その対象物についてどのような改善効果を付与すべきであるかを、疲労強度改善、表面改

質および溶接割れ改善の中から選択する。そして、例えば、疲労強度改善が主目的であれば、バージン材の疲労強度付与か、既設材の疲労強度回復の何れかをにより、バージン材の場合には高強度材で溶接止端処理が非効率であるかを判断し、金属強度の温度依存性から処理温度を決定する。一方、既設材の場合には金属材料の状態図から回復に適切な処理温度を決定する。次いで、両者のケースについて処理温度-処理パターン関係から超音波衝撃処理条件を決定し、加熱下または常温下での処理を判断して超音波衝撃処理を行うという作業フローが設計できる。

【0026】

また、例えば、表面改質が主目的である場合には、目標とする金属材料の表面状態から合金化が必要か、必要であれば供給すべき合金成分を決定し、次いで、目標とする合金の状態図から処理温度を決定後、処理温度-処理パターン関係から超音波衝撃処理条件を決定し、加熱下または常温下での加工を判断して超音波衝撃処理を行うという作業フローが設計できる。

【0027】

更に、例えば、溶接割れ改善が主目的である場合には、対象金属材料に対する溶接条件および金属の状態図から処理温度を選定後、処理温度-処理パターン関係から超音波衝撃処理条件を決定し、加熱下または常温下での加工を判断して超音波衝撃処理を行うという作業フローが設計できる。

【0028】

なお、加熱下における超音波衝撃処理において、それが溶接、熱源、温度センサー、金属成分の供給、シールドガス等の課題を当然考慮する問題であることは勿論である。また、上記超音波衝撃処理は温度域毎に複数回処理することで累加した効果が得られることは勿論であるので、上記作業フローに従って複数回同一加工或いは異なる加工を適宜組み合わせる超音波衝撃処理することは当然である。この超音波衝撃処理の一例として、例えば、多パス溶接部の処理で670℃~750℃の温度域で超音波衝撃処理後、常温で再度超音波衝撃処理することで高靱性と高疲労強度の両特性を兼備した金属材料を得ることができる。また、既設の使用中の橋脚の補修溶接で、1パス目のビードに対しては850℃以上の温度域で超音波衝撃処理することで応力変動による高温割れを防止し、その後の積層溶接では400℃~650℃の温度域で超音波衝撃処理することによりラメラティアを防止し、最後に溶接完了後の止端部を常温で超音波衝撃処理することで高疲労強度を付与することができる。更に、使用中、または使用後の鋼材の表面を上述した任意の温度域で超音波衝撃処理して表層部組織をナノ組織化すると共に、合金の補完が必要な場合には超音波衝撃処理で外部から合金を供給して必要な特性を付与して再生化を図ることができる。

【0029】

次に、本発明で使用する超音波衝撃加工機を図面を参照しながら説明する。

【0030】

図2(a)は、超音波ハンマリング衝撃加工に用いる機器の概要を示し、(b)は、(a)の先端部のみを超音波ショットピーニング衝撃加工用に変えた機器の概要を示す部分拡大図である。図2(a)において、超音波ハンマリング衝撃加工機1は、超音波を発信するトランスデューサー2と、その前方に取り付けられ、トランスデューサー2で発生した超音波を先端部に導く筒状のウェーブガイド3と、このウェーブガイド3の先端、即ち、処理対象物と対向する側、に取り付けられたヘッド4とから構成される。ヘッド4は、その先端に1つまたは複数の孔5が設けられ、この孔5の上下方向に挿入された棒状のピン6と、ピン6の上端とウェーブガイド3の先端との間に設けられた空間8とを含んで収納するホルダー9とからなり、ホルダー9は環状の金具10により、ウェーブガイド3の外周に着脱可能に接続されており、ピン6を含めて交換可能なように構成されている。必要に応じて、ピンの径、本数、配列、材質、形状などを、交換することができる。

【0031】

なお、上記ウェーブガイド3の中間部には、その外周を間隙を設けて囲む樹脂製のカバー11を設け、この間隙にはウェーブガイドおよび振動部を有するヘッドを冷却、潤滑する潤滑剤を保持するための多孔体12を充填することができる。その場合、カバー11の下端部とウェーブガイド3との間には、開口部13が設けられており、潤滑冷却剤はこの開口部13を経てヘッド4に供給される。しかし、これは必須ではない。また、トランスデューサー2を冷却するために、水冷や空冷の装置を設ける場合もある。

【0032】

トランスデューサー2は、電気エネルギーを超音波エネルギーに変換するもので、磁気式或いは電気式トランスデューサー等が利用できる。前者は大容量化が可能で広範囲の音響負荷に対して高い安定度で作動するが、反面、重く、冷却が必要である。後者は容量は小さいが高効率で発熱も少なく冷却を軽減でき、また可搬性に優れる。しかし、逆に音響付加に対しての安定度は低い。従って、処理条件や目的により磁気式或いは電気式トランスデューサーを任意に選択すればよい。

【0033】

ヘッド4に収納されたピン6の数は、1本でも良いが、複数本を1列或いは複数列に配列することにより処理効率、処理面積を倍加することができる。また、このピン6は軸方向の1方向に振動させるのが一般的であるが、ピン6自体が処理領域内で回転或いは任意の方向に移動してもよい。例えば、ピン6自体を回転させようとする

場合には、各ピンの根元にギアを取り付け、外部に設けたモーターの回転駆動力でギアを介して、100回転/秒回転させること、また、ホルダー9内の各ピンに電磁コイルを捲回し電磁力で回転させることも可能である。

【0034】

トランスデューサー2が超音波を発信すると、生じた超音波はこれに接続されたウェーブガイド3に伝達され、ウェーブガイド3の径が絞られていることによって速度が変性される。超音波はウェーブガイド3の先端からヘッド4に至り、これと接しているピン6を振動させる。この振動によりピン6の先端が処理対象物14の表面を打撃することによって衝撃加工される。処理条件としては、振幅20~60 μ m、周波数15kHz~60kHz、出力0.2~1kWが好ましい。

【0035】

一方、超音波ショットピーニング衝撃加工に用いる機器の概要であるが、その構成は図2(b)の部分拡大図に示すように、図2(a)に示した超音波ハンマリング衝撃加工機におけるピン6の代わりに、鋼製のボール、カットワイヤ等の硬質小径鋼材、或いはサファイヤ等の小粒子15をウェーブガイド3の先端から発せられた超音波はによりヘッド4内に収納された板8を振動させ、これと接している硬質小径鋼材15を振動させ、処理対象物14の表面を打撃することによって衝撃加工される。また、処理条件は上述した超音波ハンマリング衝撃加工機を使用する場合と同条件でよい。なお、ショットピーニングの小粒子の材質は、本発明では重量約7mgのサファイヤ球を用いたが、その他に上述した鋼球、超鋼球、セラミックス、アルミナ(Al_2O_3)、ジルコニア(ZrO_2)、窒化珪素(Si_3N_4)、SiC、 SiO_2 、サイアロン等も使用できる。使用するショットピーニングの種類は処理対象材料の種類、硬度、超音波発振パワーを適宜選択して使用することが好ましい。また、超音波振動板の径、面積も小粒子と処理対象材料との関係で変化させることもより好ましい。

【0036】

【発明の効果】

本発明は、対象金属材料に付与したい改善効果(疲労強度改善、表面改質、溶接割れ改善)の中から要求する効果に応じて超音波衝撃処理の温度域を選択し、超音波衝撃処理を行い目的とする効果を得ることができ、また、この処理を複数回任意に組み合わせて複合した効果を得ることができ、更に、使用中、または使用後の鋼材の表面状態をナノ組織として新たな特性を付与できるという効果がある。

【0037】

また、処理対象となる金属材料のサイズが大きく通常の処理炉で処理できないような大型サイズの構造物で疲労強度が懸念される応力集中部の表面を定期的に繰り返し補修・処理することで鋼材の表面状態をナノ組織として

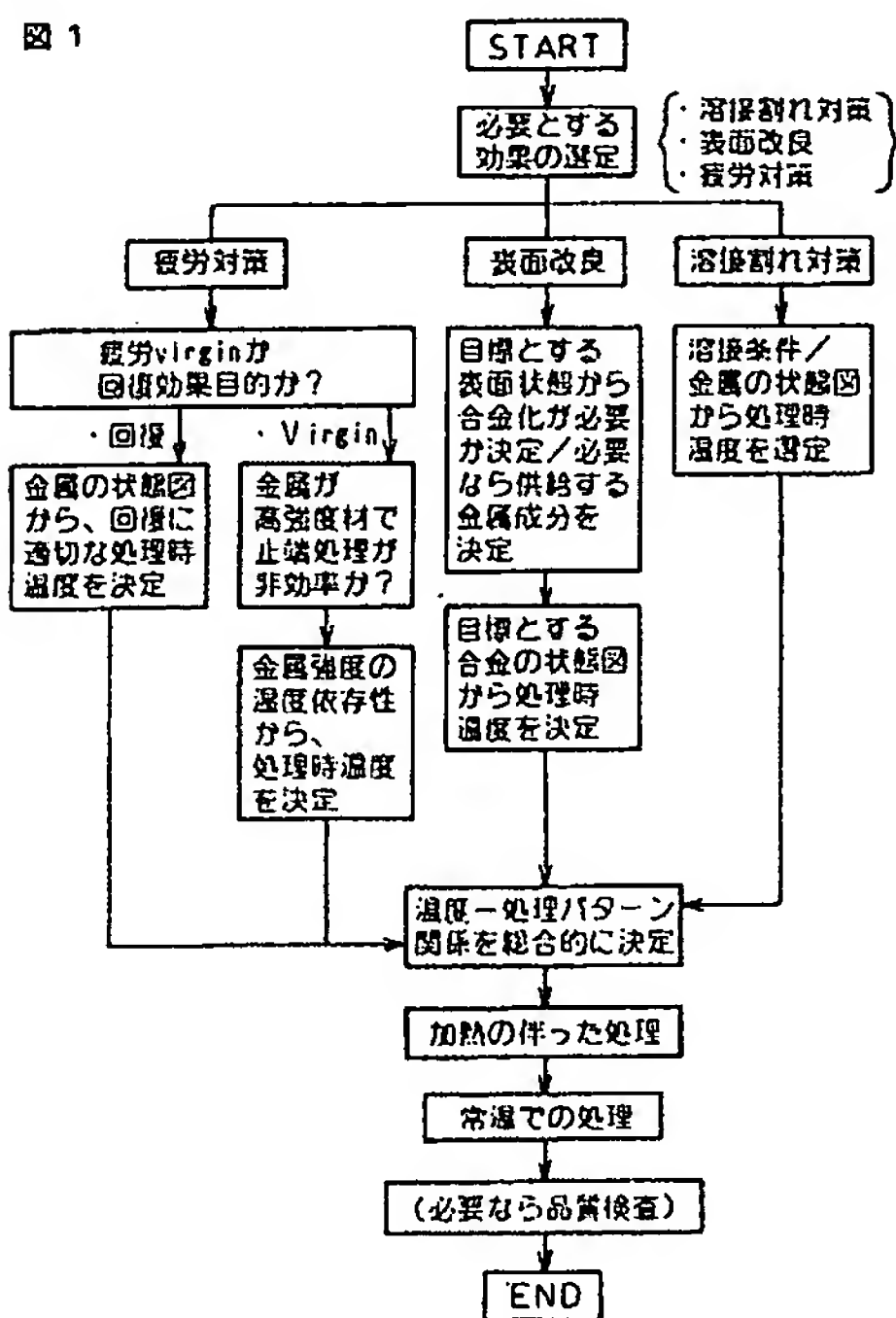
11

特性回復効果を付与することもできる。更に、この疲労特性回復効果は、溶接止端部の変形を最小に抑え、主に材料表層部組織をナノ化することで表層部での転移を解消して得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明による超音波衝撃処理条件の設定方法の

【図 1】

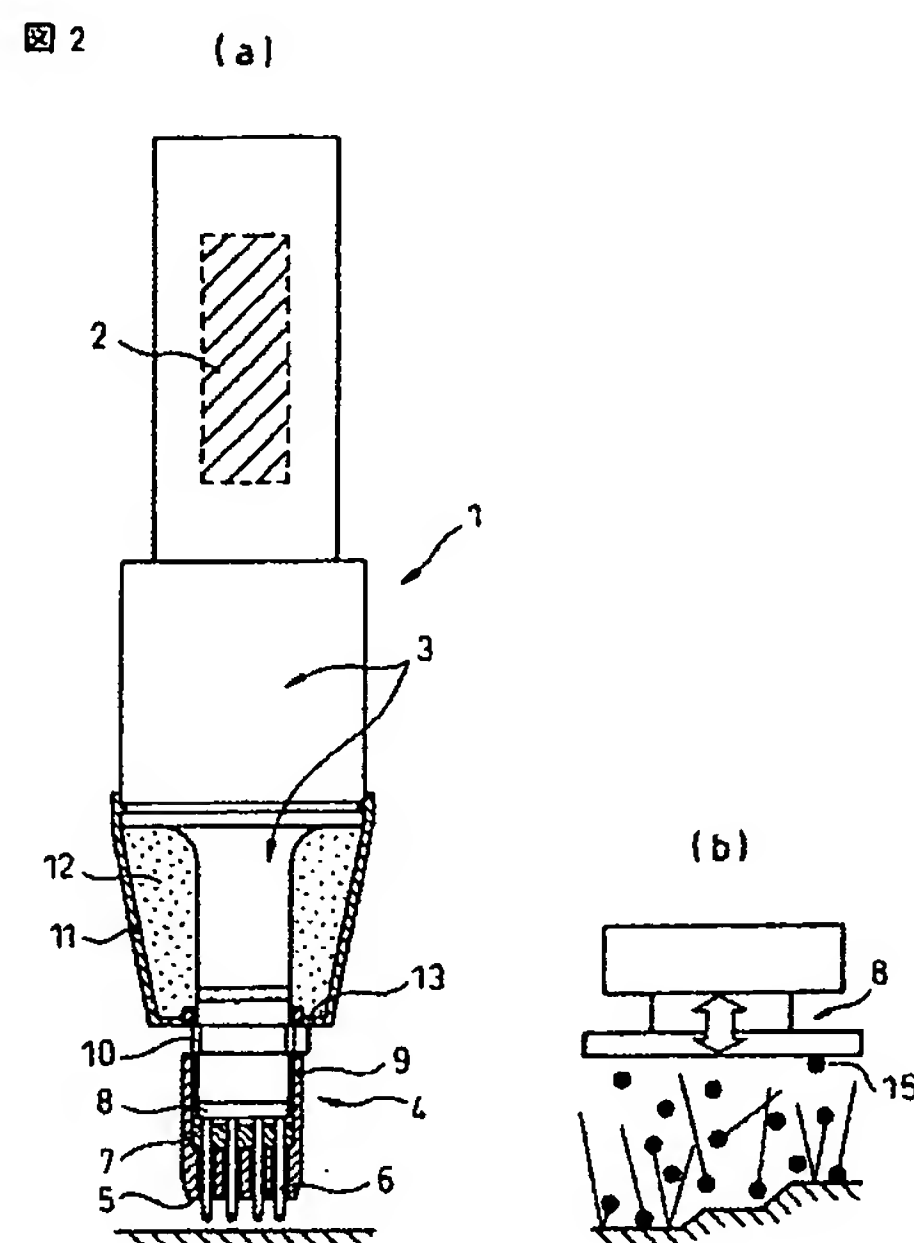


12

フローを示す図である。

【図 2】 超音波衝撃加工機の例を示すもので、(a) は本発明に用いる超音波ハンマリング衝撃加工機の概略構成図、(b) は本発明に用いる超音波ショットピーニング衝撃加工機の先端部の拡大図である。

【図 2】



フロントページの続き

(72) 発明者 本間 宏二

千葉県富津市新富 20-1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内

(72) 発明者 石川 忠

千葉県富津市新富 20-1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内

(72) 発明者 肥後 矢吉

神奈川県横浜市緑区長津田町 4 2 5 9 番地 東京工業大学精密工学研究所内

(72) 発明者 高島 和希

神奈川県横浜市緑区長津田町 4 2 5 9 番地 東京工業大学精密工学研究所内